Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1293-1307

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1307-1293

تأثیر کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی گندم آبی (*Triticum astivum* L.) رقم بهار

جلال قادری[1*]، عادل نعمتی[2] و محمود شریعتمداری[3]

تاریخ دریافت: 1397/02/15
تاریخ پذیرش: 1397/06/27

قادری، ج.، نعمتی، ع. و شریعتمداری، م. 1398. تأثیر کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی گندم آبی (*Triticum astivum* L.) رقم بهار. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4):1307-1293.

چکیده

با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌ها و با هدف استفاده بهینه از کودهای آلی و شیمیایی برای دست‌یابی به کشاورزی پایدار، آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و کود آلی کمپوست زباله شهری بر عملکرد کمّی وکیفی گندم (*Triticum astivum* L.) رقم بهار، با چهار سطح کودهای شیمیایی (بدون مصرف، سیستم رایج، بر اساس آنالیز خاک و 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک) و کمپوست زباله شهری در چهار سطح (0، 10، 20 و 30 تن بر هکتار) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال زراعی 93-1392 در کرمانشاه اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی مصرف کمپوست، کودهای شیمیایی و اثر برهم‌کنش آن‌ها روی صفات آزمایشی معنی‌دار شد. در این تحقیق کاربرد کودهای شیمیایی و کمپوست سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در بوته، درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم گردید. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کودهای شیمیایی و کمپوست زباله شهری نشان داد با کاربرد تیمار 10 تن بر هکتار کمپوست و کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک، بیش‌ترین عملکرد دانه (5900 کیلوگرم بر هکتار)، وزن هزار دانه (39 گرم)، تعداد دانه در سنبله (71)، درصد پروتئین (12/6) و غلظت عناصر غذایی در دانه به‌دست آمد و کم‌ترین میزان صفات مورد بررسی در شاهد مشاهده گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده و در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی، کاربرد توأم 10 تن بر هکتار کمپوست و کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آهن، روی، فسفر، کودهای آلی، نیتروژن

مقدمه

خاک‌های زراعی در اغلب مناطق کشور به‌ویژه غرب ایران، به‌دلیل عدم اجرای تناوب زراعی مناسب، استفاده از تکنیک‌های کشاورزی فشرده، بارندگی سالانه کم، درجه حرارت بالا و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی با کمبود مواد آلی مواجه هستند که این امر باعث ایجاد ساختمان ضعیف خاک و نهایتاً بستر نامطلوب برای رشد گیاه می‌گردد. در نتیجه استفاده از مواد اصلاحی که دارای عناصر غذایی مورد نیاز بوده و یا شرایط را برای جذب عناصر غذایی موجود در خاک فراهم می‌کنند، ضروری است (Gerami et al., 2013). یکی از جنبه‌های کشاورزی پایدار مصرف توأم کودهای شیمیایی و آلی است، به‌طوری‌که بخشی از نیاز گیاه به‌جای کودهای شیمیایی از کودهای آلی مانند کمپوست زباله شهری تأمین می‌شود. مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، راهکاری مؤثر برای افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک و تولید محصول است و کودهای آلی با تولید هوموس عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش و کارآیی آن‌ها را

1، 2 و 3- به‌ترتیب استادیار پژوهشی تحقیقات خاک و آب، مربی پژوهشی گروه اقتصادی و کارشناس ارشد بخش تحقیقات آب و خاک، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ghaderij@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.72530

افزایش می‌دهند (Sharma et al., 2006; Nigussie et al., 2015).

استفاده از کمپوست زباله شهری به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی یکی از راه‌های تبدیل زباله شهری به کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی به‌منظور تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز و افزایش عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت خاک می باشد (Hargreaves et al., 2008). کاربرد کمپوست زباله شهری مخصوصاً در خاک‌هایی که مقدار ماده آلی خاک آن‌ها پایین و یا از عناصر غذایی تخلیه شده‌اند، بیش‌تر مفید است و می‌تواند روی معدنی شدن عناصر غذایی و در نتیجه رشد محصول تأثیر گذارد (Hargreaves et al., 2008). کمپوست زباله شهری باعث کاهش pH خاک، تأمین برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش ریزجانداران مفید خاک، کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها، بهبود وضعیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک، کمک به از بین بردن زباله‌های شهری و به دنبال آن رفع آلودگی محیط‌زیست می‌شود (Pinamonti et al., 1997). گزارش شده است که کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، روی، مس و سرب قابل جذب در خاک و همچنین مقدار جذب روی در گیاهان شد (Walter et al., 2006). یکی از خطرات احتمالی استفاده از کمپوست زباله شهری، افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه می‌باشد که می‌تواند پیامدهای منفی زیست-محیطی و بهداشتی ناشی از انتقال عناصر غذایی، تجمع عناصر کم-مصرف در خاک و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی به‌وجود آید (McBride, 1995; Smith, 2009). سازمان بهداشت جهانی (1998) گزارش کرد که از بین فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، کادمیوم و سرب مهم‌تر هستند. بنابراین، به‌منظور کاهش اثرهای منفی زیست-محیطی، بهینه‌سازی کاربرد کمپوست در محصولات کشاورزی با رعایت استانداردهای لازم باید مورد توجه قرار گیرد. مصرف کمپوست به‌تنهایی برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان کافی نمی‌باشد و به‌علت دارا بودن نسبت کربن به نیتروژن بالا، باعث افزایش فعالیت ریزجانداران در خاک می‌شود و در نتیجه برای جذب نیتروژن با گیاهان رقابت می‌کنند. از این‌رو، افزودن کودهای شیمیایی به کمپوست ضروری است (Ramadass & Palaniyandi, 2007). کاربرد توأم کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی در مزرعه گندم (*Triticum astivum* L.) نشان داد که وزن خشک، عملکرد دانه و میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش یافت. همچنین میزان جذب فسفر و پتاسیم در گیاهان تیمار شده با کمپوست بیش‌تر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود (Bar-Tal et al., 2004). مکابلا و وارمن (Mkhabela & Warman, 2005) گزارش کردند که ماده خشک و عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در تیمار کودهای شیمیایی (NPK) و تیمار مصرف تلفیقی (50 درصد کودهای شیمیایی و 50 درصد کمپوست زباله شهری) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار کمپوست زباله شهری به‌تنهایی بود. ابراهیم و همکاران (Ibrahim et al., 2010) گزارش کردند که مصرف کود دامی و کمپوست ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در بوته، ارتفاع سنبله، عملکرد کاه، دانه و غلظت عناصر غذایی دانه گندم مانند فسفر، روی، آهن را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. گزارش شده است که مصرف کمپوست، علاوه بر افزایش رشد، عملکرد و اجزای آن در گندم، سبب افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود (Abdel-Fattah et al., 2015; Bate et al., 2017). پاولان و همکاران (Phullan et al., 2017) به این نتیجه رسیدند که کاربرد کمپوست همراه با کودهای شیمیایی، باعث افزایش عملکرد و مقدار جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه گندم شد. گزارش شده است که مصرف توأم کودهای آلی و نیتروژن، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، شاخص کلروفیل برگ‌ها و کارآیی مصرف آب را نسبت به شاهد افزایش داد و برای افزایش عملکرد گندم و بهبود کیفیت آن کاربرد 150 کیلوگرم اوره به‌همراه 60 تن بر هکتار کمپوست زباله شهری پیشنهاد شده است (Ahmadinejad et al., 2013). رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2017) گزارش کردند که بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی در خاک و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) با مصرف 45 تن بر هکتار کمپوست زباله شهری و 75 درصد کودهای شیمیایی بر اساس آنالیز خاک بود. گزارش شده است کاربرد تلفیقی کود دامی + 50 درصد کود اوره علاوه‌بر این که باعث حصول عملکرد غده سیب‌زمینی به‌میزان تیمار 100 درصد کود اوره می‌شود، می‌تواند غلظت نیترات را نسبت به این تیمار به‌طور معنی-داری کاهش دهد که در واقع هم عملکرد غده در حد قابل قبول حفظ شده و هم غلظت نیترات در غده کاهش یافته است (Amini et al., 2017). مجاب قصرالدشتی و همکاران (Mojab Ghasroddashti et al., 2017) گزارش کردند که که با افزودن کمپوست زباله شهری و

کود مرغی می‌توان میزان مصرف کود شیمیایی نیتروژنـه را کـاهش داده و خطرات ناشی از کاربرد بی‌رویه این کودها را تعدیل نمود که این امر ممکن است در بلندمدت با تأثیر بیش‌تر کمپوست زباله شـهری و کود مرغی افزایش یافته و حاصلخیزی خـاک را نیـز بهبـود بخشـد. هم‌چنین امجدیان و همکاران (Amjadian et al., 2018) گـزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌تـرین میـزان عملکـرد دانـه بـه‌ترتیـب بـا تیمارهای سیستم تلفیقی کود دامی توأم با کود شیمیایی و شاهد بوده است و مصرف بهینه کودهای تلفیقی، زیستی، آلی، علاوه‌بر افـزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی، می‌توان وضعیت تغذیه‌ای انسان و کمبود عناصر را جبران کرده و به‌دلیل تعادل عناصر غذایی، سبب بهبود کارکرد بدن و نیاز به مکمل‌ها را کاهش داد. بنـابراین، بـا توجـه بـه اهمیت گیاه گندم در تأمین امنیت غذایی کشور و هـم‌چنـین رویکـرد کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی، استفاده از کودهای آلی از جمله کمپوست زباله شهری می‌تواند به‌عنوان یک راه حل مفید و کارآمـد در جهـت رسـیدن بـه اهداف کشاورزی پایدار به‌شمار آید. از این رو پژوهشی با هدف ارزیابی اثر کمپوست زباله شهری در ترکیب با کودهای شیمیایی بر عملکـرد کمّی و کیفی گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی شامل چهار سطح کمپوست زباله شـهری (0، 10، 20 و 30 تن در هکتار) و همراه با چهار سطح کودهای شـیمیایی (بـدون مصرف، سیستم رایج، برابر آنالیز خاک و 25 درصـد کـم‌تـر از آنـالیز خاک)، در سه تکرار، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلـوک‌هـای کامل تصادفی، در ایستگاه تحقیقـاتی مـاهی‌دشـت مرکـز تحقیقـات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه از مهر ماه 1392 و به‌مدت یک سال زراعی اجرا شد. قبل از آزمایش از محل اجـرای طـرح یـک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری همراه با یک نمونه آب جهت تجزیه‌های لازم به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن‌ها در جدول‌های 1 و 2 نشان داده شده است. در نمونه‌هـای خـاک، بافـت به‌روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، کربن آلی خاک به‌روش والکلی و بلک (Walkley & Black, 1934)، pH گل اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (McLean, 1982)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت‌سنج (Black et al., 1965)، فسفر قابـل‌جـذب بـا روش اولسن (Olsen, 1954)، آهن و روی قابل‌استفاده با عصاره‌گیر DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) و با دسـتگاه جـذب اتمـی اندازه‌گیری شد.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

بافت Texture	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	کربن آلی OC	نیتروژن N	کربنات کلسیم کل TNV	هدایت الکتریکی EC** (dS.m^{-1})	واکنش خاک pH *
	Mg.kg^{-1}						%				
لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	1.2	6	0.7	6.2	290	7.4	0.84	0.08	17	0.6	7.8

*: گل اشباع **: عصاره گل اشباع.

* and **: Saturated paste and Saturated paste extract, respectively.

جدول 2- برخی از ویژگی‌های کیفی آب محل آزمایش

Table 2- Some quality properties of experimental site water

هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	واکنش pH	کلاس Class	نسبت جذب سدیمی SAR	کل جامدات محلول TDS (%)	بی کربنات HCO_3^-	کلر Cl^-	سولفات SO_4^{-2}	سدیم Na^+
					(meq.l^{-1})			
0.6	7.91	C_2S_1	1.5	440	6.1	0.65	0.76	2.41

هر کرت آزمایشی به مساحت 36 مترمربع شامل 30 خط کاشـت به‌طول شش متر، که فاصله خطها و بذرها بر روی یک خط کاشـت به‌ترتیب 20 و 2/5 سانتی‌متر بود. فاصله هر کرت و تکرار از یکدیگر به‌ترتیب 1/5 و 2 متر بود که در تاریخ 1392/8/5 کشت شدند. از رقم بهار در این مطالعه استفاده شد. بذرها قبل از کشت با استفاده از قارچ-کش کاربوکسین تیرام به‌میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. کشت بـا

دستگاه همدانی و مقدار بذر مصرفی 180 کیلوگرم بر هکتار بود. نتایج تجزیه کمپوست زباله شهری و مقادیر کودهای شیمیایی مصرفی برای هرکدام از تیمارها به‌ترتیب در جدول‌های 3 و 4 نشان داده شده است.

جدول 3- نتایج تجزیه کمپوست زباله شهری

Table 3– Analysis results of applied compost

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش pH	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	کادمیم Cd	سرب Pb	نیکل Ni
		(%)			($mg.kg^{-1}$)						
14.76	7.5	1.46	1.35	0.65	18013	511	1745	954	3.5	282	122

جدول 4- میزان مصرف کودهای شیمیایی

Table 4– The amount of applied chemical fertilizers

کودهای شیمیایی مصرفی Fertilizer application	اوره Urea ($kg.ha^{-1}$)	سوپرفسفات تریبل Triple super phosphate ($kg.ha^{-1}$)	سولفات پتاسیم K_2SO_4 ($kg.ha^{-1}$)	سولفات روی $ZnSO_4$ ($kg.ha^{-1}$)
سیستم رایج Conventional system	400	150	-	-
آنالیز خاک Soil analysis	300	100	50	40
25% کم‌تر از آنالیز خاک 25% less than the soil analysis	225	75	37.5	30

کاربرد کودهای شیمیایی و کمپوست زباله شهری بر اساس تیمارهای کودی و بدین‌ترتیب انجام گرفت که تمام کمپوست زباله شهری و یک‌سوم کود اوره و مابقی کودهای شیمیایی 20 روز قبل از کاشت مصرف و با شخم با خاک مخلوط شدند و دوسوم باقی‌مانده کود اوره در مرحله ساقه رفتن و قبل از گل‌دهی مصرف شد. آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت) بود. برای مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ در پائیز در مرحله پنجه‌زنی از سم تاپیک به‌مقدار یک لیتر بر هکتار و برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از سم گرانستار به‌مقدار 25 گرم بر هکتار استفاده شد. تعداد پنجه در بوته، ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله به‌صورت نمونه‌گیری تصادفی در 20 بوته انتخابی از هر کرت انجام شد. بعد از حذف حاشیه شامل 0/5 متر از ابتدا و انتهای هر خط و پنج خط از طرفین، برداشت نهایی به‌صورت کف‌بر از خطوط وسط به مساحت 20 مترمربع انجام و عملکرد و وزن هزار دانه تعیین شد. هم‌چنین نمونه‌های دانه گندم از تیمارهای آزمایشی، برای اندازه‌گیری عناصر غذایی آماده شد که پس از شستشو با آب مقطر، در دمای 70 درجه سانتی‌گراد با آون خشک و توسط آسیاب برقی پودر شدند. سپس مقدار 0/5 گرم از نمونه آسیاب شده به‌روش هضم مرطوب روی اجاق الکتریکی در دمای 200 الی 300 درجه سانتی‌گراد قرار داده و نیتروژن کل به‌روش کجلدال (Buresh et al., 1982)، فسفر به‌روش طیف‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 470 نانومتر (Westerman, 1990)، آهن، روی، مس و منگنز به‌روش خاکستر کردن خشک و با دستگاه جذب اتمی (Ryan et al., 2007) قرائت شدند. هم‌چنین درصد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن دانه در ضریب 5/7 محاسبه شد (Emami, 1996). برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

جدول 5 بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی، کمپوست و اثر برهم‌کنش آن‌ها از لحاظ عملکرد گندم در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. مقایسه میانگین اثرهای اصلی کمپوست نشان داد که تیمارهای کاربرد کمپوست 30 و20 تن بر هکتار به‌تنهایی در یک گروه آماری قرار گرفتند و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. هم‌چنین بین تأثیر تیمارهای کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی بر عملکرد دانه نسبت به شاهد، اختلاف معنی‌دار

وجود داشت و بیش‌ترین عملکرد دانه با تیمارهای مصـرف کودهـای شیمیایی بر اساس آنالیز خاک و 25 درصد کم‌تر از آن بود که این دو در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 6).

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس اثر کمپوست و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های عملکرد کمّی گندم

Table 5- Analysis of variance for effect of chemical fertilizers and compost on quantity yield of wheat

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-grain	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike
		میانگین مربعات Mean of squares				
تکرار Replication	3	682609.25^{**}	13.46^{**}	0.203^{**}	12.403^{**}	9.737^{ns}
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	3	682609.25^{**}	13.46^{**}	0.203^{**}	12.403^{**}	9.737^{ns}
کمپوست Compost	3	583064.80^{**}	16.07^{**}	0.896^{**}	41.139^{**}	30.544^{**}
کمپوست × کودهای شیمیایی Chemical fertilizers & Compost	9	126747.67^{**}	2.35^{*}	0.084^{ns}	3.548^{ns}	5.772^{ns}
خطای آزمایش Error	30	13943.938	0.84	1.140	2.612	5.196
ضریب تغییرات CV (%)		7.1	4.5	6.33	4.10	3.25

**: معنی‌داری در سطح یک درصد. **: Significant at 1% probability level Significant at 1% probability level).

*: معنی‌داری در سطح پنج درصد *: (Significant at 5% probability level)

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ns: (No significant different at 5% probability level)

جدول 6- مقایسه میانگین اثر اصلی کمپوست و کودهای شیمیایی بر خصوصیات کمّی گندم آبی

Table 6- Mean comparison results the simple effect of compost and chemical fertilizers on quantity yield of wheat

منابع تغییرات S.O.V.	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike
		کودهای شیمیایی **Chemical fertilizers**			
شاهد Control	5058^{c*}	34.4^{c}	2.98^{b}	76.2^{b}	69^{a}
سیستم رایج Conventional system	5650^{b}	36.9^{b}	3.27^{a}	77.2^{ab}	70^{a}
آنالیز خاک Soil analysis	5845^{a}	38.0^{a}	3.0^{b}	78.5^{a}	71^{a}
25٪ کم‌تر از آنالیز خاک 25% less than the soil analysis	5737^{ab}	36.7^{b}	3.1^{ab}	76.5^{b}	70^{a}
		کمپوست **Compost (t.ha⁻¹)**			
0	5325^{c}	35.2^{c}	2.68^{b}	74.6^{b}	68^{b}
10	5563^{b}	36.۷ ^{b}	3.14^{a}	79.0^{a}	71^{a}
20	5668^{ab}	37.3^{ab}	3.18^{a}	77.2^{a}	71^{a}
30	5737^{a}	37.8^{a}	3.31^{a}	77.7^{a}	71^{a}

* حروف مشابه در هر ستون و برای هر جزء بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* Means followed by the common letters in each column and for each component not significant at 5% level of probability, according to the Duncan's Multiple Range Test.

در این پژوهش بیش‌ترین عملکرد دانه گندم با تیمارهای کاربرد توأم 30 تن بر هکتار کمپوست وکودهای شیمیایی بر اساس آنالیز خاک و هم‌چنین تیمار کاربرد توأم 10 تن بر هکتار کمپوست و کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک بود که اختلاف آن‌ها نسبت به شاهد (عدم مصرف کودهای شیمیایی و کمپوست) به‌ترتیب 1366 و 1333 کیلوگرم بر هکتار بود و بین این دو تیمار، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 7). پژوهش‌های مشابهی توسط عبدلفتاح و همکاران (Abdel-Fattah et al., 2017) و پاولان و همکاران (Phullan et al., 2017) گزارش شده است.

جدول 7- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کمپوست و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های عملکرد کمّی گندم آبی

Table 7- Mean comparisons for effects of chemical fertilizers and compost on quantity yield of wheat

کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	کمپوست Compost ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000-grain (g)	تعداد پنجه در بوته Tiller per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)
شاهد Control	0	4567^{f}	33^{e}	2.4^{e}	72.3^{e}
	10	5092^{e}	35^{d}	3.2^{abc}	77.6^{bc}
	20	5108^{de}	37^{abcd}	3.0^{abcd}	77.3^{bc}
	30	5258^{cd}	37^{abcd}	3.3^{ab}	77.5^{bc}
سیستم رایج Conventional system	0	5216^{cd}	36^{bcd}	3^{abcd}	75.7^{cd}
	10	5341^{bc}	36^{cd}	3.2^{abc}	79.4^{ab}
	20	5616^{ab}	37^{abcd}	3.5^{a}	76.2^{cd}
	30	5625^{ab}	39^{a}	3.4^{ab}	77.5^{bc}
آنالیز خاک Soil analysis	0	5541^{ab}	37^{abcd}	2.5^{de}	75.8^{cd}
	10	5884^{ab}	37^{abcd}	3.2^{abc}	87.7^{a}
	20	5880^{ab}	38^{ab}	3.1^{abc}	78.5^{bc}
	30	5933^{a}	38^{ab}	3.1^{abc}	78.0^{bc}
25% کم‌تر از آنالیز خاک 25% less than the soil analysis	0	5575^{bc}	35^{d}	2.8^{cde}	74.5^{de}
	10	5900^{a}	39^{a}	2.9^{cde}	77.4^{bc}
	20	5750^{ab}	37^{abcd}	3.1^{abc}	77.2^{bcd}
	30	5775^{ab}	38^{ab}	3.1^{ab}	77.1^{bcd}

* حروف مشابه در هر ستون و برای هر جزء بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال 5% می‌باشد.

* Means followed by the common letters in each column and for each component not significant at 5% level of probability, according to the Duncan's Multiple Range Test.

به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کمپوست زباله شهری و تیمارهایی که فقط کود آلی کمپوست زباله شهری دریافت کرده بودند، نسبت به شاهد، به‌علت بیش‌تر بودن غلظت کل و قابل جذب عناصر غذایی در کود آلی کمپوست نسبت به خاک می‌باشد. هم‌چنین افزایش عملکرد دانه را در رابطه با استفاده از کمپوست می‌توان به بهبود ماده آلی خاک، افزایش قابلیت استفاده از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کاهش pH خاک دانست (Londra & Aggelides, 2000). نتایج این تحقیق نیز با یافته‌های جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2015) مطابقت داشت که گزارش کردند مصرف کمپوست ساده و غنی‌شده زباله شهری به‌همراه 50 درصد کودهای شیمیایی، اثرهای بهتری را در افزایش عملکرد و اجزای آن در ذرت نشان دادند. کاهش عملکرد بر اثر کاربرد کمپوست نسبت به مصرف توأم کودهای شیمیایی و کمپوست را می‌توان به افزایش فعالیت ریزجانداران در خاک به‌واسطه افزایش کربن خاک و افزایش نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه مصرف نیتروژن معدنی و آزادسازی تدریجی نیتروژن نسبت داد. کم‌تر بودن عملکرد بر اثر مصرف کودهای شیمیایی نسبت به کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کمپوست، به‌دلیل شستشوی نیتروژن معدنی از خاک و عدم کافی بودن عناصر غذایی است (Bhattacharyya et al., 2008).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد از لحاظ وزن هزار دانه می‌باشد (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه با مصرف توأم 10 تن بر هکتار کمپوست زباله شهری و کاربرد کودهای شیمیایی بر اساس آنالیز خاک به‌دست آمد و اختلاف آن نسبت به شاهد 6/34

گرم (20 درصد افزایش) بود (جدول 7). دلیل بالا بودن وزن هزار دانه در تیمار به‌دست‌آمده، نسبت به‌کاربرد کمپوست و کودهای شیمیایی به تنهایی، احتمالاً افزایش سطح برگ جهت تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیش‌تر به دانه و هم‌چنین آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر از کود آلی کمپوست در مرحله پر شدن دانه می‌باشد. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد عناصر کم‌مصرف موجود در کمپوست با تأثیر در افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شوند که با یافته‌های متاعی و همکاران (Mataei et al., 2014) مطابقت دارد. افزایش وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای ترکیبی به‌علت فراهمی مناسب عناصر غذایی در طول زمان می‌باشد، به‌نحوی که گیاه در سراسر فصل رشد دچار محدودیت از حیث عناصر مورد نیاز نمی‌شود (Javanmard et al., 2015). هم‌چنین علت عدم برتری وزن هزار دانه در تیمار کاربرد کودهای شیمیایی، عدم فراهمی مناسب نیتروژن در سراسر فصل رشد به‌علت آبشویی و هم‌چنین عدم فراهم بودن سایر عناصر به‌میزان مطلوب دانسته‌اند (Javanmard et al., 2015). تیمارهای متشکل از کود آلی کمپوست به تنهایی، نیز وزن هزار دانه کم‌تری داشتند. علت آن کمبود نیتروژن در ابتدای فصل رشد و تثبیت همان اندک نیتروژن معدنی موجود در خاک، در زیست‌توده موجودات زنده به‌دنبال افزایش جمعیت این موجودات است. افزایش تراکم جمعیت به خاطر افزایش کربن خاک رخ داده و در نتیجه گیاه نمی‌تواند به رشد مطلوب و تولید اندام‌های فتوسنتزکننده لازم برای تغذیه دانه‌ها برسد. این شرایط سبب می‌گردد، رشد گیاه و اندام‌های فتوسنتزکننده کاهش یافته و در دوره پر شدن دانه با کاهش فتوسنتز و انتقال مجدد مواد ذخیره شده، وزن هزار دانه کاهش یابد (Efthimiadou et al., 2010).

تعداد پنجه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای شیمیایی و کمپوست بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، ولی اثر برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 5). مقایسه میانگین اثر اصلی کودهای شیمیایی بر تعداد پنجه در بوته نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی نسبت به عدم کاربرد آن، برتری معنی‌دار داشتند و بیش‌ترین تعداد پنجه در بوته از کاربرد کودهای شیمیایی بر اساس سیستم رایج به‌دست آمد (جدول 6). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد کمپوست بر ارتفاع بوته نشان داد که با مصرف 30 تن بر هکتار کمپوست بیش‌ترین ارتفاع بوته حاصل شد، اگرچه بین تیمارهای کمپوست مصرفی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 6). بیش‌ترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد توأم کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک و 30 تن بر هکتار کمپوست به‌دست آمد (جدول 7). نتایج این تحقیق با نتایج احمدپور سفید کوهی و همکاران (Ahmadpoor Sefidkoohi et al., 2013) مطابقت داشت که گزارش کردند که مصرف کود دامی و کمپوست ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در بوته، ارتفاع سنبله و عملکرد کاه و دانه گندم را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. آن‌ها این افزایش را به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی بر اثر کاربرد کودهای آلی نسبت دادند.

ارتفاع بوته

جدول 5 بیانگر آن است که اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی و کمپوست بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول 5). مقایسه میانگین اثر اصلی کودهای شیمیایی بر ارتفاع بوته نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی نسبت به عدم کاربرد آن، برتری معنی‌دار داشتند و بیش‌ترین ارتفاع بوته از کاربرد کودهای شیمیایی بر اساس توصیه آزمایشگاه به‌دست آمد (جدول 6). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد کمپوست بر ارتفاع بوته نشان داد که با مصرف 10 تن بر هکتار کمپوست، بیش‌ترین ارتفاع بوته حاصل شد که نسبت به شاهد 4/42 سانتی‌متر افزایش داشت (جدول 6). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کمپوست زباله شهری بر ارتفاع بوته نشان داد، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت، ولی بیش‌ترین ارتفاع بوته با کاربرد توأم کودهای شیمیایی بر اساس توصیه آزمایشگاه و 10 تن بر هکتار کمپوست به‌دست آمد (جدول 7). تأثیر مثبت کمپوست را می‌توان به‌علت تعادل عناصر غذایی و هم‌چنین تأمین رطوبت مناسب برای گیاه در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک دانست. کم‌ترین ارتفاع گیاه در شاهد مشاهده شد، زیرا در شرایط عدم مصرف کود ممکن است نسبت کربن به نیتروژن در خاک افزایش یابد که این امر باعث رقابت بین ریزجانداران خاک و گیاه، در استفاده از نیتروژن قابل‌دسترس و در نتیجه کمبود عنصر نیتروژن برای گیاه خواهد شد (Gerami et al.,

2013). نتایج این تحقیق با یافته‌های سینگ و همکاران (Singh et al., 2003) مطابقت داشت.

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کاربرد کمپوست زباله شهری به تنهایی قرار گرفت (جدول 5). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله از کاربرد 10 تن بر هکتار کمپوست به‌دست آمد که نسب به شاهد، سه درصد افزایش داشت (جدول 6). نتایج این تحقیق با یافته‌های مؤمن و همکاران (Momen et al., 2011) و حبیبی و مجیدیان (Habibi & Majidian, 2014) مطابقت داشت که گزارش کردند استفاده از کمپوست تأثیر زیادی بر تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و عملکرد کاه‌وکلش گندم داشت. آن‌ها بیان داشتند که این افزایش احتمالاً به‌دلیل افزایش ماده آلی و فراهمی مقادیر مناسب عناصر غذایی در خاک و هم‌چنین افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک از طریق بهبود در خصوصیات فیزیکی خاک حاصل شده است.

نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین اثرهای ساده و برهم‌کنش تیمارهای کمپوست و کودهای شیمیایی در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد بر نیتروژن دانه می‌باشد (جدول 8). مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارها نشان داد که بیش‌ترین میزان نیتروژن دانه با کاربرد کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک و 30 تن بر هکتارکمپوست به تنهایی بود (جدول 9). اثر برهم‌کنش تیمارها نشان داد که بیش‌ترین مقدار نیتروژن دانه با کاربرد توأم کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک و 20 و 30 تن بر هکتار کمپوست به‌دست آمد (جدول10). نتایج نشان داد که تیمارهای کود آلی همراه با کودشیمیایی توانسته‌اند، سطح بالاتری از نیتروژن را نسبت به تیمارهای دارای کود آلی و کودهای شیمیایی به‌طور جداگانه حاصل نمایند. نیتروژن معدنی شده در کمپوست برای تمام دوران رشد گیاه قابل دسترس است، اما نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی به‌دلیل حلالیت و تحرک زیاد برای مراحل انتهایی رشد گیاه قابل دسترس نخواهد بود. از طرف دیگر مخلوط کمپوست با کود شیمیایی می‌تواند به‌عنوان یک منبع آزادسازی عمل نماید و نیتروژن مورد نیاز دوره‌های مختلف رشد گیاه را فراهم نماید (Mylavarapu & Zinati, 2009). نتایج این تحقیق با یافته‌های رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2017) مطابقت داشت که گزارش کردند بیش‌ترین غلظت نیتروژن دانه مربوط به تیمار 45 تن کمپوست زباله شهری به‌اضافه 75 درصد کود شیمیایی بود که نسبت به شاهد 16/86 درصد افزایش نشان داد.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کمپوست زباله شهری بر غلظت فسفر دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، ولی اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی و برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت فسفر دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 8). مقایسه میانگین اثر اصلی کمپوست زباله شهری نشان داد که بیش‌ترین غلظت فسفر در دانه گندم با کاربرد 10 تن بر هکتار کمپوست بود (جدول 9). اکثر تحقیقات نشان داده که کمپوست از لحاظ عناصر غذایی خصوصاً فسفر غنی است و از این‌رو باعث افزایش فراهمی فسفر در خاک و جذب توسط گیاه می‌شود و یکی از دلایل افزایش حلالیت فسفر در نتیجه افزودن کمپوست، وجود مقادیر بالای فسفر در کمپوست و ایجاد پیوندهای فسفو هیومیک در خاک و کند شدن روند تثبیت فسفر در خاک است (Giusquiani et al., 1988). فسفر جزئی از ترکیب ساختمانی مولکول‌های مهم از جمله اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و ATP می‌باشد و در کنترل واکنش‌های آنزیمی و تنظیم مسیرهای متابولیکی شرکت می‌نماید، در نتیجه گیاهان بدون آن نمی‌توانند به رشد خود ادامه دهند. هم‌چنین کمبود فسفر، موجب کاهش فتوسنتز به‌دلیل کاهش بازیافت ریبولوز بیس فسفات و ATP می‌شود (Jacob & Lawlor, 1992). نتیجه این پژوهش با یافته‌های رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2017) نیز مطابقت داشت که گزارش کردند بیش‌ترین غلظت فسفر در دانه برنج با تیمار 45 تن بر هکتار کمپوست زباله شهری و 75 درصد کود شیمیایی بود که نسبت به شاهد 61/90 درصد افزایش نشان داد.

عناصر کم‌مصرف

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین کاربرد تیمارهای کمپوست زباله شهری در سطح احتمال یک درصد برای آهن، روی، منگنز و مس در دانه گندم بود (جدول 8). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین مقدار آهن و منگنز با کاربرد 20 تن بر هکتار،

روی با کاربرد 10 تن بر هکتار و مس با کاربرد 30 تن کمپوست بر هکتار به‌دست آمد (جدول 10). مواد آلی از جمله کمپوست نقش مهمی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله عناصر کم‌مصرف ایفا می‌کنند، بدین‌صورت که اسید هومیک و فولیک موجود در مواد آلی با کاتیون‌های عناصر کم‌مصرف، کمپلکس ایجاد کرده و موجب افزایش قابلیت استفاده آن‌ها توسط گیاهان می‌شود. هم‌چنین تجزیه مواد آلی موجب افزایش غلظت گاز کربنیک و به‌دنبال آن موجب کاهش pH خاک شده (به‌دلیل تولید آمینو اسید، گلیسین، سیستئین و اسید هومیک در طی معدنی شدن) و بدین‌ترتیب غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک و در نتیجه غلظت این عناصر در اندام‌های گیاهی افزایش می‌یابد (Fernandez-Luqueno et al., 2010). نتیجه این تحقیق با سایر محققان (Cherif et al., 2010) مطابقت داشت که گزارش کردند مصرف کمپوست توانسته میزان روی و مس جذب شده توسط دانه گندم را نسبت به شاهد و کود شیمیایی افزایش دهد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی بر غلظت روی و مس در دانه گندم در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین مقدار روی و مس به‌ترتیب با کاربرد کودهای شیمیایی بر اساس آنالیز خاک و 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک بود (جدول 9). با افزایش غلظت روی، تولید تریپتوفان و هورمون‌های رشد اکسین (Auxin) و اسید ایندول استیک (IAA) افزایش و کلروفیل بیش‌تری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. روی در افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی نقش داشته و بدین‌ترتیب تحمل گیاه را در برابر تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و غیرزنده (خشکی و دما) افزایش می‌دهد (Alloway, 2005). با افزایش مقادیر مختلف آهن، روی، مس و منگنز در دانه، مقدار آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش و در نتیجه تحمل گیاهان به تنش‌ها بیش‌تر می‌شود. این آنزیم سیستم آنتی-اکسیدان گیاه را فعال و اثر سمی رادیکال‌های آزاد که در شرایط تنش ایجاد می‌شوند، خنثی می‌نمایند و در نتیجه باعث افزایش قدرت بذر و تحمل آن به انواع تنش و بیماری‌های گیاهی می‌شود (McDonald & Mousavvi, 2009).

مشاهد شد که اثر برهم‌کنش کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه گندم، علی‌رغم افزایش غلظت این عناصر نسبت به شاهد، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 8). کودهای آلی می‌توانند علاوه‌بر آزادسازی عناصر غذایی خود، با اتصال به عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی از دنیتریفیکاسیون، تبخیر و آبشویی نیز جلوگیری کرده و موادغذایی را به‌مرور آزاد سازند و بهبود ماده آلی خاک منجر به جذب بهینه عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف خواهد شد (Javanmard et al., 2015).

درصد پروتئین دانه

جدول 8 بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی و کمپوست بر درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای کودهای شیمیایی نشان داد که نسبت به شاهد برتری معنی‌دار داشتند و بیش‌ترین درصد پروتئین با کاربرد کودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک به‌دست آمد که اختلاف آن نسبت به شاهد 0/7 درصد بود (جدول 9). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر ساده کاربرد کمپوست نشان داد که نسبت به شاهد برتری معنی‌دار داشتند، اگرچه بین تیمارهای کاربرد کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 9). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد پروتئین با تیمار کاربرد توأم 20 تن بر هکتار کمپوست وکودهای شیمیایی 25 درصد کم‌تر از آنالیز خاک به‌دست آمد که اختلاف آن نسبت به شاهد 2/1 درصد بود (19/8 درصد افزایش). با کاربرد بهینه کودهای شیمیایی و افزودن کمپوست زباله شهری، غلظت نیتروژن و در نتیجه درصد پروتئین دانه گندم افزایش یافت (جدول 10) که این نتایج با نتیجه کاظم‌زاده و همکاران (Kazemzadeh et al., 2013) مطابقت داشت. یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین گندم با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کمپوست به بهبود تغذیه گیاه به‌ویژه برطرف شدن کمبود نیتروژن کودهای آلی و هم‌چنین روی و آهن نسبت داده می‌شود، زیرا روی عامل انتقال بهتر پروتئین به دانه گندم می‌باشد. بر اثر کمبود روی، فعالیت آنزیم RNA پلیمراز و انتقال اسیدهای آمینه با کاهش مواجه شده و از طرف دیگر تجزیه RNA شدت می‌یابد و در نتیجه میزان تشکیل پروتئین کاهش می‌یابد (Angelova et al., 2013).

جدول 8- نتایج میانگین مربعات اثر کمپوست و کودهای شیمیایی بر درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم آبی

Table 8- Analysis of variance the effect of chemical fertilizers and compost on nutrients comcentration and protein percent in grain of irrigated wheat

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نیتروژن N	فسفر P	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	پروتئین Protein
تکرار Replication	2	0.005 ns	0.004ns	19.521ns	187.67ns	29.021ns	2.138ns	0.188ns
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	3	0.0041**	0.001ns	23.340ns	25.293**	8.708ns	4.638**	1.351**
کمپوست Compost	3	0.052**	0.005**	62.188**	18.998**	28.042*	3.560**	1.619**
کودهای شیمیایی × کمپوست Chemical fertilizers × Compost	9	0.011*	0.001ns	7.302ns	2.2475ns	4.056ns	0.335ns	0.382*
خطای آزمایش Error	30	0.005	0.001	8.877	2.270	7.754	0.364	0.169
ضریب تغییرات CV (%)		3.30	9.22	8.16	6.19	7.05	7.99	3.34

**: Significant at 1% probability level Significant at 1% probability level). **: معنی‌داری در سطح یک درصد

***: (**Significant at 5% probability level) *: معنی‌داری در سطح پنج درصد

ns: (No significant different at 5% probability level) ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول 9- مقایسه میانگین اثر اصلی کمپوست و کودهای شیمیایی بر درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم آبی

Table 9- Mean comparison results the simple effect of chemical fertilizers and compost on nutrients comcentration and protein percent in wheat

غلظت عنصر Nutrient concentration کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	نیتروژن N (%)	فسفر P (%)	آهن Fe (mg.kg-1)	منگنز Mn (mg.kg-1)	روی Zn (mg.kg-1)	مس Cu (mg.kg-1)	پروتئین Protein (%)
شاهد Control	2.07b*	0.26a	34.75a	37.50a	23.12b	6.92b	11.80b
سیستم رایج Conventional system	2.20a	0.26a	36.12a	39.00a	24.08b	7.12b	12.51a
آنالیز خاک Soil analysis	2.18a	0.27a	38.33a	38.90a	26.43a	8.09a	12.42a
25% کم‌تر از آنالیز خاک 25% less than the soil analys	2.19a	0.27a	37.75a	39.50a	23.71b	8.08a	12.50a
کمپوست **Compost (t.ha-1)**							
0	2.06b	0.23b	33.25b	37.25b	22.54b	6.75b	11.87b
10	2.20a	0.28a	36.75a	37.58b	25.34a	7.76a	12.51a
20	2.16a	0.27ab	38.33a	40.37a	24.53a	7.75a	12.32a
30	2.21a	0.27ab	37.75a	39.62ab	25.0a	7.96a	12.59a

* حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* Means followed by the common letters in each column not significant at 5% level of probability, according to the Duncan's Multiple Range Test.

جدول 10- نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کمپوست و کودهای شیمیایی بر خصوصیات کیفی گندم آبی

Table 10- Mean comparison results the effect of chemical fertilizers and compost on nutrients comcentration and protein percent in irrigated wheat

کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	کمپوست Compost ($t.ha^{-1}$)	نیتروژن N (%)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	منگنز Mn ($mg.kg^{-1}$)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)	مس Cu ($mg.kg^{-1}$)	پروتئین Protein (%)
شاهد Control	0	1.85^c*	31.2^e	35.2^b	20.8^f	6^f	10.6^b
	10	2.15^ab	36.2^abcde	36.2^ab	25.7^abc	7.2^cde	12.3^a
	20	2.10^b	37.7^abcde	41.2^a	23.2^cdef	7.0^def	12.0^a
	30	2.18^ab	34.0^cde	37.5^ab	22.8^cdef	7.2^cde	12.4^a
سیستم رایج Conventional system	0	2.18^ab	33.8^cde	36.8^ab	22.5^def	6.7^ef	12.5^a
	10	2.19^ab	36.8^abcde	37.5^ab	25.5^abc	7.2^de	12.5^a
	20	2.16^ab	37.7^abcd	41.0^a	23.2^cdef	7.^7bcde	12.3^a
	30	2.24^a	36.2^abcde	40.5^ab	25.2^abcd	7^def	12.8^a
آنالیز خاک Soil analysis	0	2.12^ab	34.5^bcde	38.7^ab	24.7^abcde	7.2^de	12.1^a
	10	2.22^ab	38.5^abcd	38.2^ab	26.5^ab	8.4^abc	12.7^a
	20	2.17^ab	38.3^abcd	39.3^ab	27.2^a	8.3^abc	12.4^a
	30	2.20^ab	40.2^ab	13.93^ab	27.3^a	8.5^ab	12.5^a
25% کم‌تر از آنالیز خاک 25% less than the soil analys	0	2.10^b	33.3^de	38.3^ab	22.2^ef	7.2^de	12.0^a
	10	2.21^ab	35.5^abcde	38.5^ab	23.8^bcde	8.5^bcd	12.6^a
	20	2.22^ab	39.7^abc	40.0^ab	25.4^bcde	8.0^abcd	12.7^a
	30	2.22^ab	40.7^a	41.2^a	24.7^abcde	9.0^a	12.7^a

* حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال 5% می‌باشد.

* Means followed by the common letters in each column not significant at 5% level of probability, according to the Duncan's Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد 10 تن کمپوست زباله شهری بر هکتار به‌همراه 25 درصد کودهای شیمیایی کم‌تر از آنالیز خاک، اثرات بهتری را در افزایش عملکرد دانه و اجزای آن در گندم آبی نشان داد. مشخص شد که کود آلی کمپوست توانایی جبران بخشی از نیاز کودی گیاه گندم را دارد و بر این اساس می‌توان میزان کود شیمیایی مصرفی را کاهش داد. امّا کاربرد متوالی کمپوست در سال‌های طولانی باید با بررسی‌های تکمیلی جهت ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه صورت گیرد. لازم به ذکر است که استفاده از کمپوست زباله شهری نسبت به کودهای شیمیایی هزینه‌ی بیش‌تری را در پی دارد، امّا اثرات درازمدت آن بر خصوصیات خاک، تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف و حفظ بیولوژی خاک می‌تواند کاهش سود حاصله را جبران نموده و استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن سازد.

References

Abate, Z., Assefa, B., and Negassa, W., 2017. Comparison of environmental performance of municipal solid waste compost and chemical fertilizer. American Journal of Environmental and Resource Economics 2(3): 96-101.

Abdel-Fattah, M.K., and Abdel-Rahman, M.A., 2015. Effect of different sources of nitrogen fertilizers combined with vermiculite on productivity of wheat and availability of nitrogen in sandy soil in Egypt. American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology 5 (2): 50-60.

Ahmadinejad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S., 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Journal of Water and Soil Science 23(2): 177-194. (In Persian with English Summary)

Ahmadpoor Sefidkoohi, A., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, N.A., 2013., The effects of three and five years' continuous periods of municipal solid waste aapplication on the amount of micronutrient elements in wheat shoot and seed. Journal of Agricultural Engineering 35(2): 97-109. (In Persian with English Summary)

Aggelides, S.M., and Londra, P.A., 2000. Effect of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Journal of Bioresource Technology 71: 253-259.

Alloway, B.J., 2004. Zinc in soils and crops nutrition. International Zinc association (IZA0, Brussels, Belgium), pp. 127.

Amjadian, E., Ghanbari, A., and Khamari, I., 2018. Investigating management plant nutrition (organic and inorganic and blended fertilizers): on the accumulation and balance elements macro and micro in wheat seed (*Triticum aestivum* L). Journal of Agroecology 10(1): 186-202. (In Persian with English Summary)

Amini, R., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., and Mahdavi, S., 2017. Effect of organic fertilizers in combination with chemical fertilizer on tuber yield and some qualitative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agroecology 9(3): 734-748. (In Persian with English Summary)

Angelova, V.R., Akova, V.I., Artinova, N.S., and Ivanovm K.I., 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19 (5): 958-971.

Bar-Tal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D., Rosen, V., and Fine, P., 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. Journal of Environment Quality 33:1855-1865.

Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., and Gupta, H.S., 2008. Sustainability under combine application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean–wheat system of the Indian Himalayas. European Journal Agronomy 28: 33–46.

Black, C.A., Evans D.D., and Dinauer, R.C., 1965. Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 653-708.

Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54: 494-465.

Cherif, H., Ayari, F., Ouzaria, H., Marzorati, M., Brusetti, L., Jedidi, N., Hassen, A., Jun-Hua, Z., Jian-Li, L., Jia-Bao, Z., Fu-Tao, Z., Ya-Nan, C., and Wei-Peng, W., 2010. Effects of nitrogen application rates on translocation of dry matter and, nitrogen utilization in rice and wheat. Acta Agronomica Sinica 36(10): 1736–1742.

Efthimiadou, A., Bilalis, D., Karkanis, A., and Williams, B.F., 2010. Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. Australian Journal of Crop Science 4(9): 722-729.

Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis (Vol. I). Publication No. 982, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)

Fernandez-Luqueno, F., Reyes-Varela, V., Martinez-Suarez, C., Saomon-Hernandez, G., Yanez-Meneses J., Ceballos-Ramerez, J.M., and Dendooven, L., 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Bioresource Technology 101: 396–403.

Habibi, S., and Majidian, M., 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* hybrid). Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 4(11): 15-25. (In Persian with English Summary)

Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R., 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 123(1): 1-14.

Gerami, F., Aynehband, A., and Fateh, E., 2013., Effect of green manures and nitrogen fertilizer levels on early growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agricultural Science and Sustainable Production 23(1): 1-17.

Giusquiani, P.L., Arcchini, C.M., and Businelli, M., 1988. Chemical properties of soils amended with compost of urbanwaste. Plant and Soil Journal 109: 73-73.

Lindsay, W.L., and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42: 421-428.

Jacob, J., and Lawlor, D.W., 1992. Dependence of photosynthesis of sunflower and maize on phosphate supply, ribulose-1, 5-biphosphate carboxylase/ oxygenase activity, and ribulose-1,5-biphosphate pool size. Plant Physiology 98:801–807.

Javanmard, A., Nazari, B., Jalilian, A., and Dashti, S., 2015. Response of wheat to vermicompost and chemical fertilizers residual in soil. Agricultural Science and Sustainable Production 25(2): 87-103. (In Persian with English Summary)

Kazemzadeh, M., Peighambardoust, S.H., and Najafi, N., 2013. Effect of organic and nitrogen fertilizers on physicochemical properties and bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Agricultural Science 23(2): 179-197.

Ibrahim, M., Hassan, A.U., Arshad, M., and Tanveer, A., 2010. Variation in root growth and nutrient element

concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. Soil and Environment 29: 47-52.

McBride, M., 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? Journal of Environment Quality 24:5–18.

Mataei, S., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., and Abdollahi Mandulakani, B., 2014. Effects of iron, zinc and manganese and method of their application on phonology, yield and grain quality of sweet corn. Journal of Crop Production and Processing 4(11): 231-240.

McDonald, G.K., and Mousavvi Nik, M., 2009. Increasing the supply of sulfur increases the grain zinc concentration in bread and durum wheat. UC Davis: The Proceedings of the international Plant Nutrition Colloquium XVI. Retrieved: http://escholarship.org/uc

McLean, E., 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of Soil Analysis- Part2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph, 9.2, pp. 199-224

Mkhabela, M. S., and Warman, P.R., 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a pigwash sandy loam soil in Nova Scotia. Agriculture, Ecosystem and Environment 106: 57-67.

Mojab Ghasroddashti, A., Maghsoudi, E., Behzadi, Y., and Fereidooni, M.J., 2017. The effects of different sources of nitrogen on yield and yield component of sweet corn (*Zea mays* L. saccharata). Journal of Agroecology 9(1): 171-184. (In Persian with English Summary)

Momen, A., Pazoki, A., and Momayezi, A.R., 2011. Effects of granular sulfur (bentonitic) and compost on quantitative and qualitative characteristics of Bam wheat in Semnan region. Journal of Crop Physiology 9: 31-46. (In Persian with English Summary)

Mylavarapu, R.S., and Zinati, G.M., 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. Sciential Horticulture 120: 426-430.

Nigussie, A., Kuyper, T.W., and de Neergaard, A., 2015. Agricultural waste utilisation strategies and demand for urban waste compost: evidence from smallholder farmers in Ethiopia. Waste Management 44: 82-93.

Phullan, N.K., Memon, M., Shah, J.A., Memon, M.Y., Sial, T.A., Talpur, N.A., and Khushk, G.M., 2017. Effect of organic manure and mineral fertilizers on wheat growth and soil properties. Journal of Basic and Applied Sciences 13: 559-565.

Pinamonti, F., Nicolini, G., Dalpiaz, A., Stringari, G., and Zorzi, G., 1999. Compost use in viticulture: Effect on heavy metal levels in soil and plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 30: 1531-1549.

Ranjbar, M., Ghorbani, H., and Ghajar Sepanlo, M., 2017. The effect of long-term application of municipal solid waste compost on macro elements concentration in soil and rice. Agricultural Crop Management 18(4): 753-764. (In Persian with English Summary)

Ramadass, K., and Palaniyandi, S., 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. Archives of Agronomy and Soil Science 53(5): 497-506.

Ryan, J., Estefan, G., and Rashid, A., 2007. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual, ICARDA, 172p.

Scherer, H.W., 2001. Sulfur in crop production: invited paper. European Journal of Agronomy 14:81-111.

Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshall, F.M., 2006. Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology 77: 312–318.

Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D., 2003. Effect of organic and inorganic amendments on growth and nutrient accumulation by Isabgol (*Plantago ovate* L.) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 414-419.

Smith, R., 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. Journal of Environment 35: 142-156.

Walkley, A., and Black I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37(1): 29-38.

Walter, I., Martínez, F., and Cuevas, G., 2006. Plant and soil responses to the application of composted MSW in a degraded, semiarid shrubland in central Spain. Compost Science and Utilization 14: 147-154.

Westerman, R.L., 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd edition. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1293-1307

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1307-1293

Effects of Municipal Solid Waste Compost and Chemical Fertilizers on Quantitative and Quilitative Yield of Irrigated Wheat (*Triticum astivum* L.) (var. Bahar)

J. Ghaderi[1*], A. Nemati[2] and M. Shariatmadari[3]
Submitted: 15-05-2018
Accepted: 18-09-2018

Ghaderi, J., Nemati, A. and Shariatmadari, M. 2020. Effects of municipal solid waste compost and chemical fertilizers on quantitative and quilitative yield of irrigated wheat (*Triticum astivum* L.) (var. Bahar). Journal of Agroecology. 11 (4):1293-1307.

Introduction
Use of chemical fertilizers is an essential component of modern farming and about 50% of the world's crop production can be attributed to fertilizer use. Sustainable production of crops cannot be maintained by using only chemical fertilizers and similarly it is not possible to obtain higher crop yield using organic manure alone. A balanced fertilization is needed to obtain optimum potential yield. The continuous imbalanced use of chemical fertilizers is creating complexity in our soils and the soil health is deteriorating. Application of municipal solid waste compost (MSW) is commonly applied to the soils to improve their physical, chemical and biological properties. Soil amendment with MSW is very useful for agricultural crop production. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the world's leading cereal crop both in area and production and about two-third of people of our planet live on it. It plays an important role in diet of human being as well as in industrial uses. The present study was conducted to better understand the effect of MSW and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of irrigated wheat in Kermanshah condition.

Materials and Methods
In order to study the effects of municipal solid waste compost (MSW) and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of Bahar wheat cultivar, a field experiment was conducted with chemical fertilizers at four levels (0, conventional farmers, based on soil test and 25% lower than the soil test), and MSW at four levels (0, 10, 20 and 30 $ton.ha^{-1}$) in a factorial experiment based on randomized complete blocks design (RCBD) with three replications in Kermanshah region during 2014-2015.Prior to sowing, MSW and chemical fertilizers was applied and mixed thoroughly with the soil. Before planting, combined soil sample from a depth of 0–30 cm was collected to determine some soil chemical properties.
Plots were designed with 4 ×4 m, 1 m apart from each other, 1.5 m alley was kept between blocks. Wheat seeds (var. Bahar) were planted 2.5 cm apart from each other. During the growth and development stages, plots were irrigated based on the crop water requirement. Irrigation method was sprinkler. Grain yield were determined after the harvest and seed samples (harvesting stage) were taken and rinsed with distilled water, oven dried at 70°C, ground, digested and analyzed for determining the N, P, K, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb and Cd concentration. Analysis of variance was performed using MSTAT-C and mean comparisons done by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Results and Discussion
Results showed that MWS and chemical fertilizers and their interaction effects had significant effects on experimental traits. Using of MWS with chemical fertilizers led to increase plant height, 1000-grain weight, seed number per spike, grain yield, protein percent and nutrients concentration in grain. The results of means comparison showed that the highest grain yield (5900 $kg.ha^{-1}$), 1000- seed weight (39 g), grain number per spike (71), protein percent (12.6) and nutrients concentration in grain was obtained under the co-application of 10 $t.ha^{-1}$ MWS and chemical fertilizers (25 percent less than the soil test) and the lowest amounts of experimental traits were shown in control treatment. Our results are in agreement with some experiments which use of compost and chemical fertilizers on irrigated wheat.

1, 2 and 3- Assistance Professor of Soil and Water, Research Lecture of economic and MSc of Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AEEO, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: ghaderij@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.72530

Conclusion

The result of this experiment revealed that using of compost and chemical fertilizers in integrated form instead of individual application has a beneficial effect on improving the quantitative and qualitative yield of irrigated wheat. Based on the obtained results, co-application of 10 $t.ha^{-1}$ compost and chemical fertilizers (25 percent less than the soil test) at Kermanshah condition can be recommended.

Key words: Iron, Nitrogen, Organic manure**,** Phosphorus, Zinc